



TITLE:

# スイカ収穫ロボットの視覚システムの開発に関する研究( Abstract\_要旨)

AUTHOR(S):

徳田, 勝

---

CITATION:

徳田, 勝. スイカ収穫ロボットの視覚システムの開発に関する研究. 京都大学, 1997, 博士(農学)

ISSUE DATE:

1997-03-24

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/202410>

RIGHT:

氏 名	とく だ まさる 徳 田 勝
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	論 農 博 第 2135 号
学位授与の日付	平 成 9 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	スイカ収穫ロボットの視覚システムの開発に関する研究

論文調査委員 (主 査)  
教 授 並 河 清 教 授 池 田 善 郎 教 授 矢 澤 進

### 論 文 内 容 の 要 旨

本研究はスイカ生産で、高齢作業者にとって負担となっている収穫作業のロボット化技術の基本となる視覚システムについて検討したものである。特にその視覚システムの開発に必要な機能である大半を茎葉で覆われた同系色の果実の検出法、位置検出法、野外の異なる照度条件への対応法、果実の収穫適期判定法の確立について考究したもので、得られた成果は、次のとおり要約できる。

第1章は序論で、農業用ロボットの視覚システムの研究に関する現状に触れ、スイカ収穫ロボットの視覚システムに必要な課題を提起した。

第2章では、カラー画像や特定波長を利用した方法を検討した結果、可視光線の波長では茎葉と果実の識別は困難であるが、赤外線との境界である 800nm の波長を対象とすれば識別は可能であることを明らかにし、識別のためのアルゴリズムを開発した。ここで画像処理の平滑化に用いるガウシアンフィルタの標準偏差の適切な大きさを検討した。これに先立ち、果実が葉に覆われている場合の対処方法として、送風により葉を揺動させた連続画像を使用するにより、通常では葉に隠れて見えない果実不可視部の検出が行えることを明らかにした。また、葉を効果的に揺らすための送風方法についても検討した。次に識別画像から果実不可視部領域の推定アルゴリズムを開発した。このアルゴリズムは1つの果実が2つに分断されている場合の識別画像からも、1つの果実領域として推定できるものであり、果実位置検出のための精度を向上させた。これを基に単眼での位置検出実験を行った結果、果実ハンドリングに十分な精度で果実の位置検出が行えた。

第3章では、視覚システムを野外で用いるときの一つの問題点である照度条件への対応方法として、照度が変化した場合に安定した画像を取り込む方法、および2値化のしきい値の決定方法について考究した。2値化のための前処理の方法としては第2章で開発した識別方法を使用した。まず手動絞りレンズを用いて画像の平均濃度、標準偏差、コントラストと検出の可否、識別率の関係を調査し、これにより、画像の平均濃度、標準偏差、コントラスト情報から画像によって適切なしきい値に変えるしきい値可変法を開発した。これにより第2章のしきい値固定法に比べて果実の検出率が向上した。しきい値可変法を基に自動

絞りレンズによる実験を行った結果、葉茎による影などの影響により検出率が低かったため、影の影響を除去する局所標準偏差法を開発した。これにより日中の検出率が約47%から約95%と向上し、実際に収穫が行われる時間帯の照度約 40,000Lux から 80,000Lux の範囲で、同一の対象で画像が変化しても約95%以上の果実検出が可能となった。

第4章では、選択収穫に必要である収穫適期の判定を画像処理で行う方法について、“甘泉”と“日章レッド”の2品種を用いて考究した。これらのスイカには視覚的に黒と緑の2つの色がある。色による収穫適期の判定には果実の同様な色を呈する場所をサンプリングする必要があるため、果実の日焼けしていない緑色を呈している部分を抽出してその色相H、彩度Sおよび明度Iを調査した。次いでHSI系を用いて、糖度と各品種ごとの色相と彩度について調べた結果、色相のヒストグラム分布のピーク値を示すE値と糖度との間に、また彩度の平均値と糖度との間に、それぞれ有意な相関が見られた。“日章レッド”については糖度が増加するに従い、色相のE値は減少し、3次の多項式で近似できた。また、“甘泉”については、未熟から完熟にかけて糖度が増加するに従いE値は減少するが、完熟から過熟にかけてはE値はほぼ一定値をとる傾向が見られた。彩度の平均値は糖度が増加するに従い、直線的に減少する傾向があった。これらを用いることにより、未熟果実と完熟果実の判断が行えることを確認した。

第5章では、第2章から第4章にかけて開発した手法を熊本、鳥取、石川、福井のスイカの大産地で検証した結果を基にスイカ収穫ロボットの視覚システムについての構想をまとめた。

## 論文審査の結果の要旨

本研究はスイカ生産の軽労化のために、収穫ロボットの開発をめざし、特に果実検出のための視覚システムを開発しようとしたものである。具体的には大半を茎葉で覆われた同系色の果実の検出法、位置検出法、野外での異なる照度条件への対応法、果実の収穫適期判定法を考究したもので、その評価すべき点は次のとおりである。

1. 茎葉で大半を覆われた果実を検出するためには、可視光線の波長では困難で800nmの波長を対象とすることで可能であることを明らかにした。次に識別のために用いるフィルタの特性を明らかにして、果実識別のアルゴリズムを開発した。これに先立ち、果実が葉に覆われている場合の対処方法として、送風により葉を揺動させた連続画像を用い、果実不可視部の検出を可能にした。また茎葉により分断されている場合でも1つの果実として推定するアルゴリズムを完成した。
2. 野外において大きく変化する照度条件への対応方法として、画像の平均濃度、標準偏差、コントラストからしきい値を可変させるしきい値可変法を開発した。また、しきい値可変法を基に自動絞りレンズによる検出法を考究し、葉茎による影などの影響を除去する局所標準偏差法を開発した。これにより日中の検出率が約47%から約95%と格段に向上し、照度が大きく変化しても約95%以上の果実検出が可能となった。
3. 収穫適期の判定のため緑縞部分を判定対象として、色相H、彩度S、明度I、を調べた。その結果、色相のヒストグラム分布ピークの場所を示す値（以下E値）と糖度の間に、また彩度では平均値と糖度との間にそれぞれ有意な相関が見られた。“日章レッド”については糖度が増加するに従い、E値の値が特

定の関数関係に基づいて減少する傾向があることを見つけた。また，“甘泉”については，未熟から完熟にかけて糖度が増加するに従いE値は減少するが，完熟から過熟にかけてはE値はほぼ一定値をとる傾向があることを明らかにした。彩度の平均値は糖度が増加するに従い，直線的に減少する傾向があった。色相のE値と彩度の平均を用いることにより，未熟果実と完熟果実の判断が行えることを明らかにした。これらはロボット収穫という実際問題とのつながりが深いと考える。

上のように，本研究は圃場で大半を茎葉で覆われたスイカ果実の検出と熟度の推定を視覚システムを用いて可能にしたもので，農用作業機械学，計測学，農業ロボティクスに寄与するところが大きい。

よって，本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。なお，平成9年2月20日，論文ならびにそれに関連した分野にわたり試問した結果，博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。